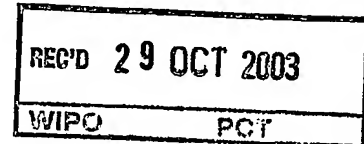


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

10.10.2003

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 42 879.4

Anmeldetag: 16. September 2002

Anmelder/Inhaber: Tyco Electronics AMP GmbH, Bensheim/DE

Bezeichnung: Zündspule mit verbesserter Energieübertragung

IPC: H 01 F, F 02 P

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 6. Oktober 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Scholz

Zündspule mit verbesserter Energieübertragung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Zündspule für Zündanlagen, insbesondere eine Stabzündspule für Brennkraftmaschinen, mit mindestens einer Primärwicklung und mindestens einer Sekundärwicklung, wobei bei Stromfluss in der Primärwicklung eine Hochspannung in der Sekundärwicklung induziert wird. Ein ferromagnetischer Kern ist von der Primärwicklung und der Sekundärwicklung teilweise umschlossen und zusätzlich wird eine der beiden Wicklungen von der anderen wenigstens teilweise umgeben.

Zündspulen dieser Art sind üblicherweise extrem volumen- und gewichtsminimiert gestaltet und werden vorwiegend in Brennkraftmaschinen eingesetzt, bei denen jeder Brennkraftzylinder mit einer eigenen Zündspule ausgestattet ist und direkt ohne aufwändige Halteelemente auf der Zündkerze sitzt. Solche Zündspulen werden auch als Einzelfunkenzündspulen oder Stabzündspulen bezeichnet und müssen besonders rüttelfest und temperaturbelastbar sein, da sie direkt mit dem Schwingungen erzeugenden und aufgeheizten Motorblock Kontakt haben.

Eine solche Einzelfunkenzündspule weist neben der primären und sekundären Induktionsspule einen speziellen Magnetkreis auf und kann zudem ein elektronisches Schaltelement beinhalten, beispielsweise eine Endstufe, die mit den Induktionsspulen zu einer Einheit verbunden ist. Zwei Steckverbinder, einer für die Verbindung des Hochspannungsanschlusses zur Zündkerze hin und ein in der Regel vierpoliger Steckverbinder für die Stromversorgung aus dem Bordnetz und die Ansteuerleitung, vervollständigen eine solche Zündspule. Die Ansteuerung der Zündsysteme erfolgt durch die Motorelektronik, welche aus einer Vielzahl von dynamischen Motorkenndaten den Zündzeitpunkt bestimmt.

Derartige Einzelfunken-Zündsysteme besitzen gegenüber einem Zündsystem, das aus einer einzigen Zündspule gespeist wird und nach dem Verteilerprinzip arbeitet, den Vorteil, dass sämtliche Hochspannungsleitungen einschließlich des mechanischen Antriebs- und Verteileraufbaus, der im Betrieb nachteilig einem Verschleiß sowie der Ver-

unreinigung unterliegt, die den Zündzeitpunkt beeinflussen oder die Zündleistung beeinträchtigen, entfallen können.

5 Für solche Zündspulen gelten die im Folgenden erläuterten physikalischen Wirkprinzipien der Energieübertragung. Dabei wird von einer fremdbestromten Primärspule und dem damit einhergehenden Aufbau eines Magnetfeldes, der bei Primärstromunterbrechung zu einer induktiven Übertragung auf die Sekundärwicklung führt, ausgegangen.

10 Der sekundäre Stromaufbau im Hochspannungsteil erfolgt allein nach dem Induktionsprinzip aus der Magnetflussreduzierung, die durch das Abschalten des Primärstroms und die damit einhergehende Magnetflussänderung hervorgerufen wird. Dieser Stromaufbau und die einsetzende Entladung verläuft jedoch nicht kontinuierlich, sondern in vier Phasen, entsprechend der jeweils dominierenden physikalischen Einflussgrößen. Dabei beginnt der Stromaufbau aufgrund der Kapazität der Sekundärwicklung bereits
15 vor der eigentlichen Entladung über die Zündkerzenelektroden unmittelbar nach dem Einsetzen der primären Stromabsenkung.

Die erste Phase des sekundären Stromaufbaus setzt verzögerungsfrei beim Start der primären Stromabsenkung ein. Dabei kommt es zu einer Ladungsverschiebung entsprechend der Kapazität der Sekundärwicklung mit einhergehender Bildung entsprechender
20 elektrischer Felder an den Zündkerzenelektroden, die dann den eigentlichen Stromdurchbruch bewirken. Für die Bildung der für den sekundären Stromdurchbruch nötigen elektrischen Felder ist eine erhebliche primäre Stromabsenkung erforderlich, ausgehend vom Höchstwert des Primärstroms. Sie beträgt ca. 30% mit einer Wirkdauer von 2 bis
25 5 µsec und wird mitbestimmt vom Zündspulenkonzept und dem elektronischen Schalter, der die Abschaltgeschwindigkeit des Primärstroms beeinflusst.

Bei verlustfreier Betrachtung sowie für einen offenen Stromkreis gilt für Induktions- und Selbstinduktionsvorgänge die Beziehung

30

$$U_{\text{Indu}} = N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \text{ oder}$$

$$U_{\text{indu}} = L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}.$$

Die zweite Phase des sekundären Stromverlaufs ist ein sprunghafter Anstieg ohmschen Charakters einhergehend mit dem Stromdurchbruch. Er hat im Wesentlichen keine induktive Ursache, vielmehr resultiert er aus der kapazitiven Entladung der in der ersten Phase angestauten Ladung der Sekundärwicklung.

In der dritten Phase des sekundären Stromanstiegs dominieren reine Induktionsvorgänge, wobei durch weitere Absenkung des Primärstroms und den dadurch bedingten Anstieg des Sekundärstroms die Magnetflussänderung als Differenz der zugehörigen Amperewindungen (Primärseite sinkt, Sekundärseite steigt) wirkt und dementsprechend verläuft der Anstieg des Sekundärstroms flacher, obwohl die Absenkung des Primärstroms zu diesem Zeitpunkt noch gleichbleibend verläuft. Erst gegen Ende der primären Stromabsenkung verflacht sich der Verlauf und der Anstieg des Sekundärstroms erreicht in einem weichen Auslauf seinen Höchstwert. Das physikalische Prinzip des sekundären Stromanstiegs kommt dadurch zum Ausdruck, dass in jeder Phase des Anstiegs immer maximal nur soviel sekundäre Amperewindungen sich einstellen können, wie zuvor primärseitig an Amperewindungen induziert wurden, da als Energiegröße bei der Induktion allein das Magnetfeld (ursprünglich erzeugt von der Primärwicklung) auftritt und entsprechend dem Energieerhaltungssatz sich selbst nicht vermehren kann, auch nicht mit noch so schneller Primärstromabsenkung.

Somit gilt für die Phase des sekundären Stromanstiegs folgender Zusammenhang mit der primären Stromabsenkung bei verlustfreier Betrachtung:

$$N_{\text{sekundär}} \times dI_{\text{sekundär}} \leq N_{\text{primär}} \times dI_{\text{primär}}$$

Dieses physikalische Prinzip wirkt weitgehend unabhängig von der Geschwindigkeit der primären Schaltvorgänge, sofern ausreichend Spannung induziert wird, um die ohmschen Widerstände zu überwinden. Diese Abläufe entstehen außerdem unabhängig vom Vorhandensein eines Eisenkreises.

Die vierte Phase des sekundären Stromverlaufs stellt das magnetische Freilaufen des Eisenkreises dar, insbesondere des magnetischen Spulenkerns, wobei die Gegeninduktion der Sekundärspule die Wirkdauer des magnetischen Freilaufens maßgeblich bestimmt. Die Primärwicklung ist in dieser Phase bereits stromlos und ein Einfluss auf die
5 Sekundärseite wäre, sofern wegen der Kleinheit nennenswert, nur über Kapazität möglich.

Sämtliche der bisher bekannten kleinvolumigen Zündspulen, wie sie beispielsweise in der DE 199 62 279 A1, der DE 199 27 820 C1, der WO 99/36693, der DE 199 50 566 A1, der EP 1 111 630 A2 oder der EP 0 959 481 A2 gezeigt sind, sind im Betrieb der
10 Gefahr einer Überhitzung ausgesetzt. Diese resultiert aus der Eigenerwärmung vor allem durch die beträchtliche Strombelastung (15 Ampère) der Primärwicklung, aber auch durch die Verlustleistung der Sekundärwicklung. Hinzu kommt die thermische Belastung durch die relativ große Umgebungstemperatur des Motorblocks (bis 125°C). Der geringere
15 Wärmewert an kleinvolumigen Zündspulen erschwert weiter die Erreichung eines vertretbar temperierten Gleichgewichtszustands (maximal 160°C), vor allem im Dauerbetrieb mit maximaler Zündfrequenz.

Aus der europäischen Patentanmeldung EP 0 959 481 A2 ist ein Ausführungsbeispiel
20 einer kleinvolumigen Stabzündspule bekannt, bei dem die Gefahr einer Überhitzung insbesondere der elektronischen Endstufe herabgesetzt werden soll, wodurch auch bei hohen thermischen Belastungen die Betriebssicherheit erreicht werden soll. Dabei wird der Überhitzung passiv vorgebeugt, indem man die einzelnen Wärmequellen mittels einer Trennlücke zu entkoppeln versucht. Diese Lösung bietet allerdings den Nachteil, dass
25 der eigentlichen Entstehung der unerwünschten Wärme nicht entgegengewirkt wird.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, eine verbesserte Zündspule für Zündanlagen, insbesondere eine Stabzündspule für Brennkraftmaschinen, anzugeben, die eine erhöhte Betriebssicherheit und Energieeffizienz sowie eine verringerte
30 Gefahr der Überhitzung im Betrieb gewährleistet.

Diese Aufgabe wird durch eine Zündspule für Zündanlage, insbesondere eine Stabzündspule für Brennkraftmaschinen mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die hohe Wärmebelastung einer Zündspule aktiv herabgesetzt werden kann, indem die einzelnen Wärmequellen betrachtet und die elektrischen und magnetischen Verlustleistungen an den Induktionsspulen herabgesetzt werden. Diese erfindungsgemäße Erhöhung des Energieübertragungswirkungsgrades wird durch eine Einschnürung des Magnetfeldes in mindestens einem Abschnitt mit gegenüber der übrigen Wicklungsdichte erhöhter Wicklungsdichte erzielt, in welchem der Durchmesser der innersten Windungen geringer ist als in den übrigen Wicklungsabschnitten.

Durch eine vergleichsweise niedrige Bestromung der Primärwicklung wird die elektronische Endstufe außerdem thermisch wie auch elektrisch entlastet und damit die Betriebssicherheit gesteigert. Darüber hinaus bietet die erfindungsgemäße Ausführung der Zündspule den Vorteil einer Reduzierung des Bauvolumens um etwa 15% gegenüber den derzeit bekannten und vergleichbaren Zündspulenkonzepten. So hat eine übliche Topfzündspule beispielsweise ein Bauvolumen von mehr als 300 cm^3 (Durchmesser 5,9 cm, Länge 11,5 cm). Die Stabzündspule in der erfindungsgemäßen Ausführung kommt einschließlich des Hochspannungsanschlusses mit einem Volumen von etwa 30 cm^3 aus (Durchmesser etwa 2,2 cm, Länge 8,2 cm).

Schließlich bietet die erfindungsgemäße Lösung den Vorteil, dass die Zündleistung im gesamten Bereich der Arbeitstemperatur (-40°C bis maximal $+180^\circ\text{C}$) nur verhältnismäßig geringen Schwankungen unterliegt.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung ist die Sekundärwicklung gegenüber der Primärwicklung so angeordnet, dass jeweils ein Abschnitt mit erhöhter Wicklungsdichte an der einen Wicklung mit einem Abschnitt übriger Wicklungsdichte an der anderen Wicklung in axialer Richtung korrespondiert. Durch dieses Durchdringen des Volumens der beiden Wicklungen kann die Energieübertragung wesentlich verbessert werden.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform sind Primärwicklung und Sekundärwicklung so angeordnet, dass die Primärwicklung die Sekundärwicklung umschließt, und dass der Abschnitt mit erhöhter Wicklungsdichte ein Anfangs- und/oder Endabschnitt der Primärwicklung ist. Die Sekundärwicklung ist in dem übrigen Wicklungsabschnitt der Primärwicklung angeordnet. Dies bietet den Vorteil, dass die hochohmige Sekundärwicklung in Kernnähe angeordnet ist und die niederohmige Primärwicklung, die keine besondere Isolation benötigt, außen angeordnet ist. Dadurch kann ein besonders geringer Baudurchmesser der Zündspule erreicht werden. Grundsätzlich lässt sich bereits durch das Vorsehen nur eines Abschnitts mit erhöhter Wicklungsdichte und verringertem Durchmesser der innersten Windungen ein den Wirkungsgrad steigender Effekt erzielen. Dabei wird dieser Bereich zweckmäßigerweise aufgrund der Isolationsvorteile am hochspannungsabgewandten Endauslauf der Primärwicklung vorgesehen. Sieht man dagegen sowohl im Anfangs- wie auch im Endabschnitt der Primärwicklung einen solchen Bereich mit erhöhter Wicklungsdichte und verringertem Durchmesser der innersten Windungen vor, so hat dies den Vorteil, dass die Sekundärwicklung von drei Seiten magnetisch umschlossen ist.

Sieht man an der Sekundärwicklung weiterhin eine Vorwicklung und/oder eine Endwicklung vor, die von dem Anfangs- und/oder Endabschnitt der Primärwicklung umschlossen ist, so kann das zur Verfügung stehende Volumen in besonders effektiver Weise genutzt werden.

Verwendet man anstelle der üblichen Runddrahtwicklung eine Flachdrahtwicklung für mindestens eine der Wicklungen, so kann die Stromdichte erhöht und dadurch die Einschnürwirkung auf das Magnetfeld weiter erhöht werden. Der Einsatz von Flachdraht hat gegenüber einem Runddraht weiter den Vorteil, dass eine größere Wickeldichte erreichbar ist und somit die notwendige Windungszahl der Primärwicklung niederohmiger herstellbar ist, ohne mehr Wickelvolumen zu benötigen. Das großflächige Aneinanderliegen der einzelnen Windungen aus Flachdraht ermöglicht außerdem einen weit besseren Wärmefluss nach außen hin, als das bei einem Runddraht mit einer Linien- bzw. Punktberührung der Windungen untereinander der Fall ist.

Um das Magnetfeld optimal zu führen, kann die Zündspule weiterhin eine weichmagnetische Hülse aufweisen, welche die Wicklungen und den Kern umschließt.

5 Eine Segmentierung der Sekundärwicklung kann für eine Verbesserung der Spannungsfestigkeit vorgesehen sein.

10 Zur Sicherstellung der Isolationsfestigkeit zur Primärwicklung hin bei gleichzeitiger Einhaltung geringster Volumenbelegung können die Wickelhöhen dieser sekundären Segmentwicklungen kaskadenförmig abnehmend in der Wickelhöhe ausgeführt sein. Entsprechend der ansteigenden Hochspannung von Segment zu Segment werden die Wandstärken der Isolation zur Primärwicklung hin gesteigert.

15 Des weiteren kann, wenn die Endausläufe der Sekundärwicklung in einem axialen Verlauf an die Stirnseiten der Induktionsspulen herausgeführt werden, der mindestens eine Abschnitt mit erhöhter Wicklungsdichte der Primärwicklung exzentrisch mit Bezug auf den Kern und den übrigen Wicklungsbereich der Primärwicklung angeordnet sein.

20 Sind dabei Anfangs- und Endbereich der Primärwicklung als Abschnitte mit erhöhter Wicklungsdichte ausgeführt, ist es vorteilhaft für die magnetfeldeinschnürende Wirkung, eine radial um 180° versetzte Anordnung der Exzentrizität zu wählen.

25 Anhand der in den beiliegenden Zeichnungen dargestellten vorteilhaften Ausgestaltungen wird die Erfindung im Folgenden näher erläutert. Ähnliche oder korrespondierende Einzelheiten des erfindungsgemäßen Gegenstandes sind mit denselben Bezugszeichen versehen. Es zeigen:

Fig. 1 ein Schnittbild einer erfindungsgemäßen Zündspule gemäß einer ersten Ausführungsform;

30 **Fig. 2** die zeitlichen Stromverläufe von Primärseite und Sekundärseite einer erfindungsgemäßen Zündspule im Vergleich zu einem herkömmlichen Zündsystem;

Fig. 3 eine schematische Schnittdarstellung einer Flachdrahtwicklung im Vergleich zu einer Runddrahtwicklung;

Fig. 4 eine Schnittdarstellung einer erfindungsgemäßen Zündspule gemäß einer zweiten Ausführungsform;

Fig. 5 einen Schnitt durch die Zündspule der Fig. 4 entlang der Schnittlinie A-A.

Fig. 1 zeigt einen Längsschnitt durch eine erfindungsgemäße Zündspule 10 gemäß einer ersten Ausführungsform. Wie aus dieser schematischen Darstellung ersichtlich, besteht die Zündspule 10 zu ca. 45% aus hochwirksamen Isoliermaterial 1, das meist aus Kunststoff mit einer Durchschlagsfestigkeit von ca. 30kV/mm gefertigt wird und vor allem die hochspannungsführende Sekundärwicklung 5 von den übrigen Bestandteilen elektrisch isoliert.

Der Eisenkreis, der einen weichmagnetischen Kern 2 mit hoher Sättigungsinduktion und eine die äußere Hülle bildende weichmagnetische Hülse 3 aufweist, die beide annähernd in der vollen Länge der Zündspule 10 ausgeführt sind, beansprucht ca. 25% des Bauvolumens. Die niederohmige Primärwicklung 4 belegt ein Volumen von ca. 20% und ist damit vom Volumen her in der Regel doppelt so groß wie die hochohmige Sekundärwicklung 5 mit ca. 10% Anteil am Gesamtvolumen.

Weil zur Erreichung dieses relativ kleinen Bauvolumens sämtliche Bestandteile der Zündspule 10 in der Dimensionierung stark beschränkt sein müssen, bleibt es nicht aus, dass der weichmagnetische Kern 1 eigentlich eine Unterdimensionierung aufweist, die nur teilweise dadurch kompensiert werden kann, dass der Eisenkreis an den Stirnseiten magnetisch offen gestaltet ist. Dies hat zur Folge, dass bei der Bestromung einer herkömmlichen zylindrischen Primärspule mit ihrem gleichbleibenden und wegen der notwendigen Isolation relativ großen Durchmesser ihrer innersten Wicklungen beträchtliche magnetische Streuflüsse auftreten, die nicht nur dem Nutzfluss verloren gehen, sondern darüber hinaus diesen noch weiter schwächen, da der Streufluss dem Nutzfluss bei der Primärstromabsenkung teilweise entgegenwirkt. Der gesamte Innenraum der Primärspule führt den magnetischen Fluss, da der Eisenkern gänzlich in magnetische Sätti-

gung getrieben werden muss, um die notwendige Induktion in Sekundärwicklung sicherzustellen. Um den Magnetflussumsatz zu steigern, können an den Stirnflächen des weichmagnetischen Korns gegenpolig zum Magnetfeld der Primärwicklung 4 Dauermagnete angeordnet sein. Damit ist eine höhere Zündleistung erzielbar, die jedoch nur mit entsprechender Steigerung des Primärstroms erreichbar ist, wodurch eine erhöhte thermische Belastung auftritt. Der magnetische Streufluss ist mit dieser Methode nicht
5 reduzierbar, im Gegenteil ist davon auszugehen, dass der magnetische Streufluss vor allem an den Endausläufen der Primärwicklung 4 aufgrund der entgegengesetzten Polung der Dauermagnete zum Primärmagnetfeld prozentual steigt.

Daher wird erfindungsgemäß der magnetische Streufluss vor allem an der Primärwicklung und insbesondere an deren Endausläufen dadurch reduziert, dass die Endausläufe der Primärwicklung 4 auf einer Länge von jeweils ca. 20% der Gesamtlänge der Primärspule auf mindestens die Hälfte des Innendurchmessers im übrigen Bereich verringert
15 wird und gleichzeitig in diesen Anfangs- und Endabschnitten 6a, 6b die magnetische Feldstärke durch eine höhere Windungszahl im Vergleich zu dem Mittelbereich der Primärspule 4 auf ca. das Doppelte gesteigert wird. Dadurch kann der spezifische Magnetfluss in diesen Abschnitten 6a, 6b in etwa verdoppelt werden.

20 Die Sekundärwicklung 5 wird erfindungsgemäß in dem hohlraumbildenden Mittelbereich der Primärwicklung 4 angeordnet, und ihre Anschlussenden 5c, 5d sind sicher in dem Isoliermaterial 1 eingebettet und werden unterhalb der einschnürenden Windungen stimseitig nach außen herausgeführt.

25 Ein den Wirkungsgrad steigernder Effekt lässt sich bereits durch eine nur einseitige Ausbildung eines Bereichs mit geringerem Durchmesser und erhöhte Wicklungsdichte erzielen, wobei dann der hochspannungsabgewandte Endauslauf 6b der Primärwicklung 4 wegen der Isolationsvorteile zu bevorzugen ist.

30 Das von der Primärwicklung 4 ausgehende Magnetfeld teilt sich in einen Verlauf im weichmagnetischen Kern 2, der den Hauptanteil bildet und einen Parallelverlauf, dessen Volumen einerseits durch die innersten Windungen der Primärwicklung 4 und andererseits durch die Oberfläche des weichmagnetischen Korns 2 begrenzt wird. Der Quer-

schnitt dieses Parallelvolumens ist nicht zuletzt wegen der dicken Isolationswandungen größer als der Querschnitt des Kerns 2 und dementsprechend ist eine erhebliche Leistungssteigerung durch die nahezu volle Nutzung auch dieses Magnetfelds für die Energieübertragung auf die Sekundärwicklung 5 möglich. Durch die magnetfeldeinschnürende Wirkung und die aus der höheren Windungszahl resultierende Steigerung der magnetischen Feldstärke kann zum einen der magnetische Widerstand an den magnetisch offenen Enden des Eisenkreises ausgeglichen werden und es kann erreicht werden, dass das primäre Magnetfeld die Sekundärwicklung 5 in wesentlich größerem Maße zu durchdringen vermag, um auch diesen Magnetfeldanteil bei der Energieübertragung wirksam zu nutzen.

In der gezeigten Ausführungsform ist (ebenso wie in der zweiten Ausführungsform der Fig. 4 und 5) die Sekundärwicklung 5 in einzelne Segmente unterteilt, was üblicherweise aus Spannungsfestigkeitsgründen erforderlich ist. Diese Segmentierung hat eine reduzierende Wirkung auf die Gegeninduktion bei der sekundären Stromentladung. Die Folge ist eine verkürzte Wirkdauer (Brenndauer) der Stromentladung, die für eine zuverlässige Entflammung der brennbaren Gasmoleküle kritisch werden kann, vor allem wenn ein inhomogenes Gasgemisch oder ein nicht ideales Mischungsverhältnis vorliegt, wie dies beispielsweise in der Motorstartphase oder in einer Wechselphase der Motorleistung der Fall sein kann.

Daher ist, wie in Fig. 1 gezeigt, die Sekundärwicklung 5 mit einer vergleichsweise geringen Anzahl von Segmenten (hier beispielhaft fünf) ausgeführt und diese dafür in einer möglichst großen Wickelhöhe gestaltet. Die Isolationsfestigkeit innerhalb eines Segmentes kann durch eine geringere Wickelbreite eingehalten werden. Zur Sicherstellung der Isolationsfestigkeit zur Primärwicklung hin bei Einhaltung geringster Volumenbelegung werden die Wickelhöhen der sekundären Segmentwicklungen kaskadenförmig abnehmend in der Wickelhöhe ausgeführt. Entsprechend der ansteigenden Hochspannung von Segment zu Segment werden die Wandstärken der Isolation zur Primärwicklung 4 hin gesteigert. Eine größere Wickelhöhe der sekundären Wicklungssegmente steigert zudem auch die positive Wirkung des erfindungsgemäßen Prinzips einer eingeschnürten Primärwicklung dadurch, dass auch die Ausführung einer Primärwicklung mit größeren Durchmesserunterschieden zwischen dem Mittelbereich und dem Einschnürbereich

möglich wird und die Sekundärwicklung noch intensiver von drei Seiten durch die Primärwicklung 4 umschlossen ist.

5 In der Fig. 2 sind die elektrischen Kenndaten einer mit den erfinderischen Merkmalen gestalteten Zündspule im Vergleich zu bekannten Zündsystemen gleicher Kategorie als Stromdiagramm dargestellt. Dabei bedeuten die Kurven 11 und 13 den primärseitigen und sekundärseitigen Stromverlauf an einer herkömmlichen Zündspule und die Kurven 12 und 14 den primärseitigen und sekundärseitigen Stromverlauf an einer gemäß der vorliegenden Erfindung gestalteten Zündspule. Wie aus dem Diagramm erkennbar, entspricht der primäre Stromverlauf charakteristisch dem sekundären Stromverlauf mit dem
10 Unterschied, dass der Primärstrom einen ansteigenden Verlauf, der Sekundärstrom dagegen zeitlich versetzt einen abfallenden Verlauf aufweist und die dazugehörigen Stromstärken sich entsprechend dem Produkt aus Stromstärke und Windungszahl verhalten. Ansonsten ist die Charakteristik der Stromverläufe exakt spiegelbildlich, was aus
15 dem gemeinsamen Magnetkreis resultiert.

Eine weitere Steigerung der magnetfeldeinschnürenden Wirkung der Abschnitte 6 mit erhöhter Wicklungsdichte und verringertem Durchmesser erhält man bei unveränderter Beibehaltung der erforderlichen Isolationswandstärken, indem die Primärspule 4 als
20 Flachdrahtwicklung anstelle einer üblichen Runddrahtwicklung gestaltet ist. Wie in Fig. 3 schematisch dargestellt, ist die den Magnetfluss einschnürende Wirkung der Flachdrahtwicklung beträchtlich, insbesondere im Vergleich zu einem üblicherweise bei Primärwicklungen verwendeten Runddrahtdurchmesser von ca. 0,7 mm. Setzt man beispielsweise anstelle eines Runddrahtes mit einem Durchmesser von 0,7 mm einen
25 Flachdraht von ca. 0,3 mm Dicke und gleicher Querschnittsfläche wie dem Runddraht ein, kann das Magnetfeld um etwa 15% eingeschnürt und der Wirkungsgrad der Energieübertragung in ähnlicher Größenordnung gesteigert werden. Dies ist vor allem auf die in dieser Anordnung erhöhte Stromdichte zurückzuführen. Wie aus Fig. 3 weiterhin erkennbar ist, berühren sich außerdem die einzelnen Flachdrahtwindungen in einem wesentlich größeren Oberflächenbereich und gewährleisten dadurch eine bessere Wärme-
30 abfuhr nach außen.

Die Größenordnung der das Magnetfeld einschnürenden Wirkung kann, wie in Fig. 4 gezeigt, dadurch erweitert werden, dass die Endausläufe der Sekundärwicklung 5c und 5d auf kürzestem Wege in axialem Verlauf an die Stirnseiten der Zündspule 10 herangeführt sind. Somit sind die relativ starken Isolationswandlungen rund um den Kern nicht mehr erforderlich, sondern es wird lediglich eine partielle Isolierung im Bereich der Durchführungen der sekundären Anschlussenden 5c und 5d notwendig. Es entfällt also an dem Kern 2 die massive Rundumausbildung der Isolation 3 in einem weiten Bereich. In dieser Ausführungsform sind die einschnürenden Abschnitte 6a, 6b nicht mehr konzentrisch zur Mittelachse des weichmagnetischen Kems 2 und dem übrigen Mittelbereich der Primärwicklung 4 angeordnet. Es ist jedoch ein bedeutender Anteil der Primärwindungen näher an den Eisenkern herangeführt als bei der Ausführungsform der Fig. 1 und es kann damit eine entsprechende Steigerung der magnetischen Einschnürwirkung erzielt werden. Vorteilhaft für die einschnürende Wirkung ist die in Fig. 4 und der zugehörigen Schnittdarstellung der Fig. 5 gezeigte radial um 180° zueinander versetzte Anordnung der Exzentrizität der einschnürenden Abschnitte 6a, 6b der Primärwicklung.

Obwohl im Vorangegangenen nur zylindrische Zündspulen gezeigt wurden, ist die vorliegende Erfindung selbstverständlich auf jeden anderen Querschnitt, beispielsweise auf einen rechteckigen Querschnitt, anwendbar. Des Weiteren kann die vorliegende Erfindung auch bei anderen Übertragern, insbesondere bei solchen mit einem verringerten Volumen des Eisenkreises, vorteilhaft eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Zündspule für Zündanlagen, insbesondere Stabzündspule für Brennkraftmaschinen, mit
5 mindestens einer Primärwicklung (4) und mindestens einer Sekundärwicklung (5), wobei bei Stromfluss in der Primärwicklung (4) eine Hochspannung in der Sekundärwicklung (5) induziert wird, und
mit einem ferromagnetischen Kern (2), der von der Primärwicklung (4) und der Sekundärwicklung (5) zumindest teilweise umschlossen ist, wobei zusätzlich die eine der Wicklungen (4, 5) von der anderen wenigstens teilweise umschlossen ist,
dadurch gekennzeichnet,
dass mindestens eine der Wicklungen (4, 5) mindestens einen Abschnitt (6) mit gegenüber der übrigen Wicklungsdichte erhöhter Wicklungsdichte aufweist, wobei
15 bei der Durchmesser der innersten Windungen in dem mindestens einen Abschnitt geringer ist als der Durchmesser der innersten Windungen in den übrigen Wicklungsabschnitten (9).
2. Zündspule nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Sekundärwicklung (5) gegenüber der Primärwicklung (4) so angeordnet ist, dass jeweils ein Abschnitt mit erhöhter Wicklungsdichte an der einen Wicklung mit einem Abschnitt übriger Wicklungsdichte an der anderen Wicklung in axialer Richtung korrespondiert.
3. Zündspule nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Primärwicklung (4) die Sekundärwicklung (5) umschließt, und der mindestens eine
25 Abschnitt mit erhöhter Wicklungsdichte ein Anfangs- und/oder Endabschnitt (6a, 6b) der Primärwicklung (4) ist und die Sekundärwicklung (5) in dem übrigen Wicklungsabschnitt (9) der Primärwicklung (4) angeordnet ist.
4. Zündspule nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Sekundärwicklung (4) weiterhin eine Vorwicklung (5a) und/oder Endwicklung (5b) mit re-

duzierter Wicklungsdichte aufweist, die von dem Anfangs- und/oder Endabschnitt (6a, 6b) der Primärwicklung (4) umschlossen ist.

5. Zündspule nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens eine der Wicklungen (4, 5) eine Flachdrahtwicklung ist.

5 6. Zündspule nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine weichmagnetische Hülse (3) die Wicklungen (4, 5) und den Kern (2) umschließt.

7. Zündspule nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sekundärwicklung (5) in eine Vielzahl von einzelnen Segmenten aufgeteilt ist.

8. Zündspule nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wickelhöhen der einzelnen Segmente kaskadenförmig abnehmend ausgeführt sind.

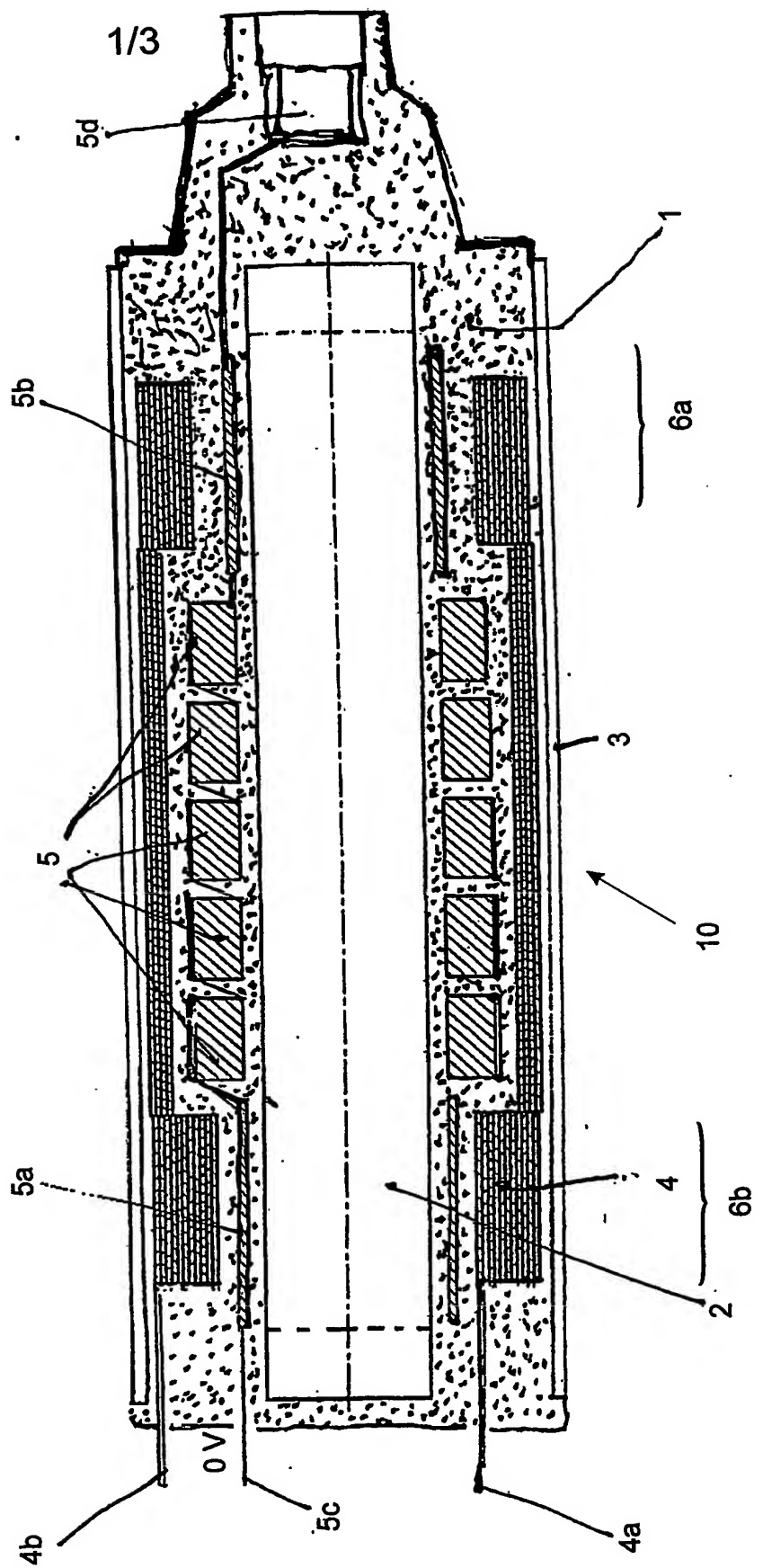
9. Zündspule nach einem der Ansprüche 3 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Abschnitt mit erhöhter Wicklungsdichte exzentrisch mit Bezug auf die Mittelachse der Zündspule (10) angeordnet ist.

10. Zündspule nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anfangsabschnitt (6a) und der Endabschnitt (6b) der Primärspule (4) im wesentlichen um 180° versetzt exzentrisch mit Bezug auf die Mittelachse der Zündspule (10) angeordnet sind.

Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Zündspule für Zündanlagen, insbesondere eine Stabzündspule für Brennkraftmaschinen, mit mindestens einer Primärwicklung und mindestens einer Sekundärwicklung, wobei bei Stromfluss in der Primärwicklung eine Hochspannung in der Sekundärwicklung induziert wird. Ein ferromagnetischer Kern ist von der Primärwicklung und der Sekundärwicklung teilweise umschlossen und zusätzlich wird eine der beiden Wicklungen von der anderen wenigstens teilweise umgeben. Um eine verbesserte Zündspule anzugeben, die eine erhöhte Betriebssicherheit und Energieeffizienz sowie eine verringerte Gefahr der Überhitzung im Betrieb gewährleistet, weist mindestens eine der Wicklungen mindestens einen Abschnitt mit gegenüber der übrigen Wicklungsdichte erhöhter Wicklungsdichte auf, wobei der Durchmesser der innersten Windungen in dem mindestens einen Abschnitt geringer ist als der Durchmesser der innersten Windungen in den übrigen Wicklungsabschnitten.

FIG. 1



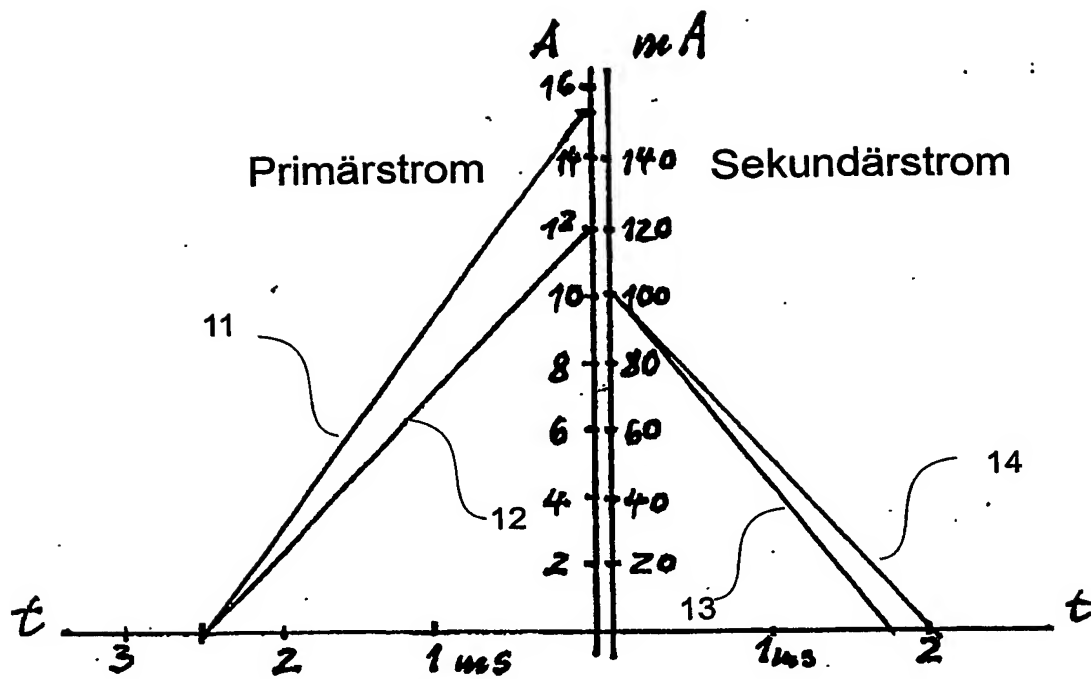


FIG. 2

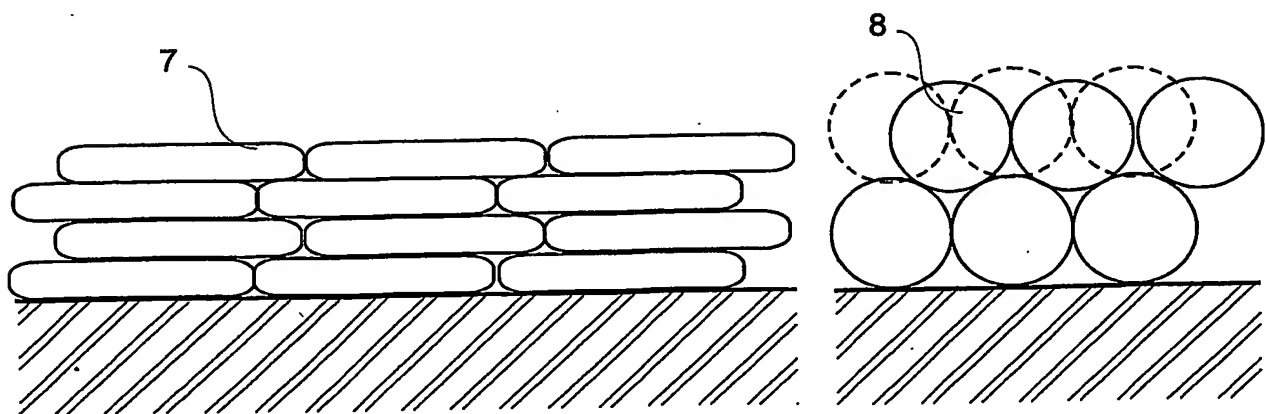


FIG. 3

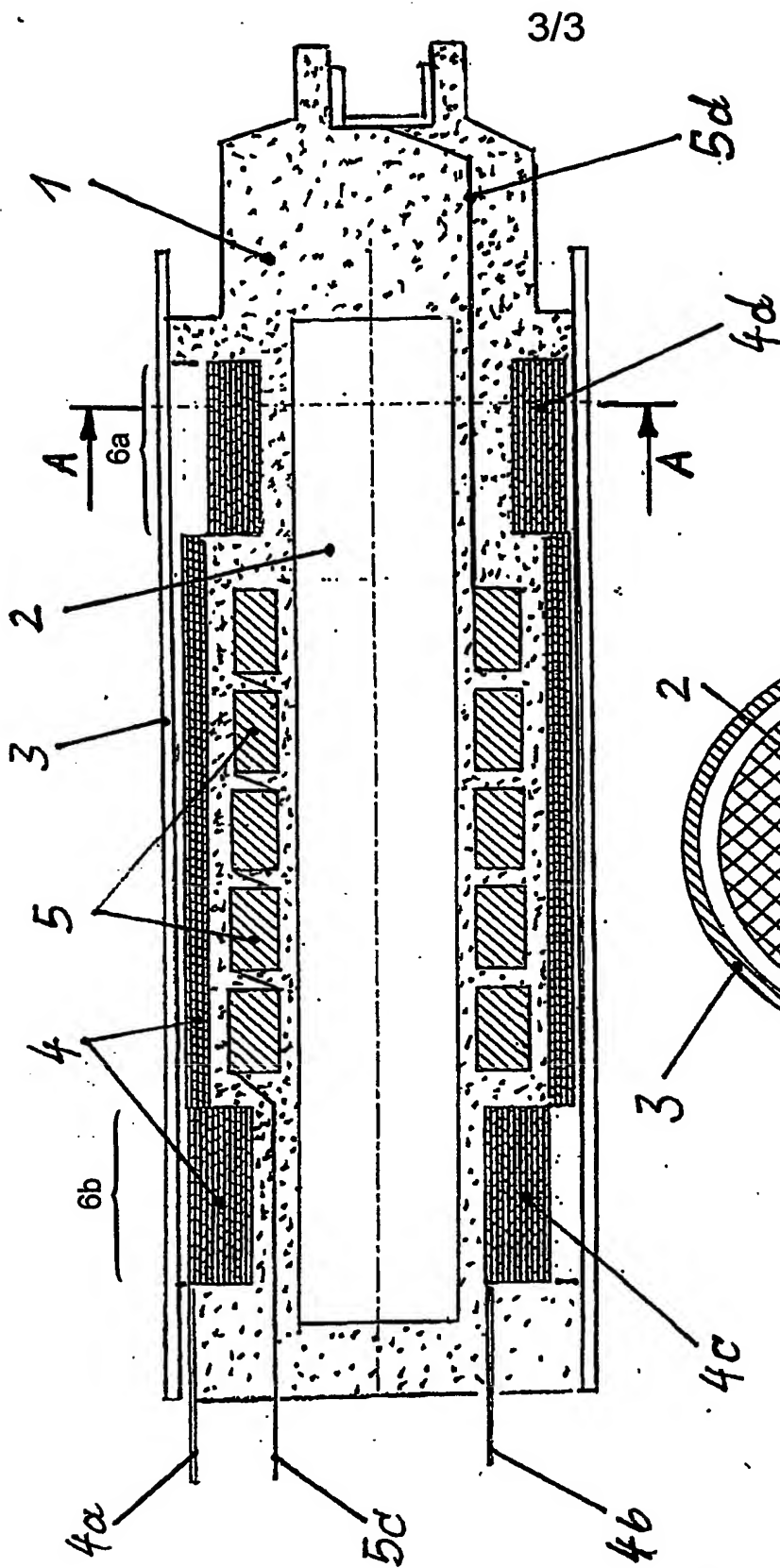


FIG. 4

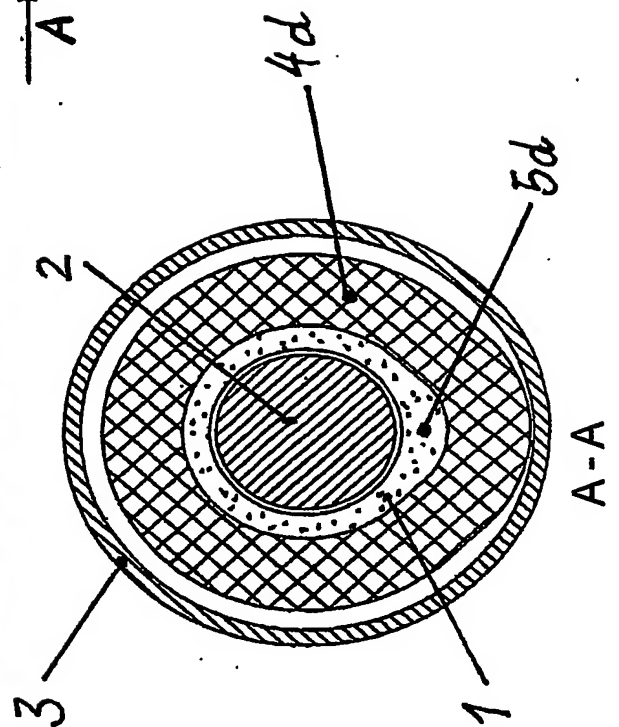


FIG. 5